

Determination of the amount of ferritic wear material in motor vehicle gear oil, by use of a measurement transformer, that is simple and effective and can be linked to an online monitoring device

Patent Number: DE10058844
Publication date: 2002-06-20
Inventor(s): REMMLINGER HUBERT (DE); SCHUWERK GABRIELE (DE); MARTIN JOERG (DE)
Applicant(s): ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN (DE)
Requested Patent: ☐ DE10058844
Application Number: DE20001058844 20001128
Priority Number(s): DE20001058844 20001128
IPC Classification: G01M13/00; G01M13/02
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

Inductive measurement system has primary and secondary coils (3, 5) on opposite sides of an oil carrying channel (1) of a gear transmission. The coils are wound around a soft magnetic core (4) that is interrupted by the oil channel. The coils form a transformer with the primary (3) generating a current in the secondary (5) that serves as a measure for the concentration of ferritic wear particles or swarf in the gear oil. An independent claim is made for an inductive measurement method for determining the amount of ferritic wear particles or swarf in gear oil.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

21 Aktenzeichen: 100 58 844.1
22 Anmeldetag: 28. 11. 2000
43 Offenlegungstag: 20. 6. 2002

71 Anmelder:
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

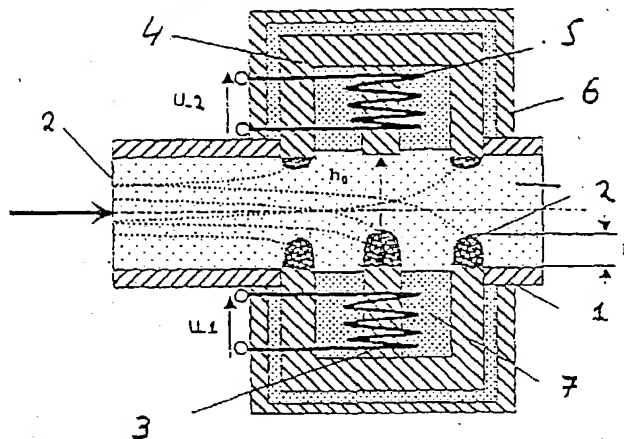
72 Erfinder:
Remmlinger, Hubert, Dipl.-Ing., 88046
Friedrichshafen, DE; Martin, Jörg, Dr., 88094
Oberteuringen, DE; Schuwerk, Gabriele, 88212
Ravensburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gem. Paragraph 43 Abs. 1 Satz PatG ist gestellt

54 Verfahren und Einrichtung zur Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose

57 Im Rahmen des Verfahrens werden als induktives Messsystem eine Primär- und eine Sekundärspule (3, 5) verwendet, die an den sich gegenüberliegenden Seiten eines ölführenden Kanals (1) eines Getriebes eingebaut sind und jeweils um einen weichmagnetischen Kern (4) gewickelt sind, wobei durch diese Spulenordnung ein Transformator gebildet wird, dessen Eisenkreis zwischen den beiden Spulen (3) und (5) aufgetrennt ist, wobei die von der Primärspule (3) in der Sekundärspule (5) erzeugte Gegeninduktionsspannung ein Maß für die Konzentration der ferritischen Abriebpartikel (2) im Getriebeöl ist.



[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose für eine Maschine bzw. ein Kraftfahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Bei modernen Maschinen und Nutzfahrzeuggetrieben wird heutzutage eine Lebensdauerbefüllung mit Maschinenöl bzw. Getriebeöl angestrebt, wobei beispielsweise eine typische Kilometerleistung mit einem dieser verwendeten Getriebe in der Größenordnung von 1 Million Kilometer liegt.

[0003] Das Maschinenöl bzw. Getriebeöl dient zur Schmierung und Kühlung von sämtlichen Maschinenelementen. Da es nie gewechselt wird, ist es hervorragend zur Maschinen- bzw. Getriebediagnose geeignet, da im Öl im Laufe der Zeit Abriebpartikel jeglicher Art gespeichert werden. Folglich gibt die Analyse des Maschinen- bzw. Getriebeöls Aufschluß über den Zustand der Maschine bzw. des Getriebes.

[0004] Hierbei ist der ferritische Abrieb von besonders großer Bedeutung, da bei nahezu jeder sich anbahnenden Schädigung z. B. Wälzlagerverschleiß, Pittingbildung in der Verzahnung bis hin zum Zahnbruch, Planetenträgerbolzenverschleiß usw. ferritischer Abrieb alleine oder in Kombination mit anderen Verschleißarten (Buntmetallverschleiß, Molybdänzerüttung, etc.) entsteht.

[0005] Nach dem Stand der Technik existieren derzeit Öldiagnosesysteme, die Verschleißmetalle durch eine Leitfähigkeitsmessung des Öls nachweisen, siehe "Qualität und Zustand von Schmierstoffen bestimmen", Betriebstechnik aktuell 41 (2000) 3, S. 58 und "Sensoren für Viskosität, Dielektrizitätszahl und Leitfähigkeit", Informationsblatt des Fraunhofer Instituts für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme, München.

[0006] Eine Erprobung dieses Funktionsprinzips ergab jedoch, dass Eisenabrieb in einer Konzentration, wie sie bei einem sich anbahnenden Verzahnungsschaden auftritt, das Meßsignal nicht signifikant ändert. Dagegen reagierten diese Systeme stark auf eine Änderung der Partikelverteilung im Getriebeöl, was sie für den Einsatz in Fahrzeuggetrieben unbrauchbar erscheinen lässt, da die räumliche Verteilung der Eisenpartikel im Öl regellos ist.

[0007] Ein alternatives Verfahren zur Öldiagnose wird in H. Kaden, W. Fichtner und K. Ahlbörn, "Sensorik zur Online-Messung von Schmieröleigenschaften", MTZ Motor-technische Zeitschrift 61 (2000) 3, S. 164-169 vorgestellt. Demnach besteht das Messsystem aus einer öldurchströmten kapazitiven Meßzelle, die mit einem elektrischen Widerstand zu einem Tiefpaß erster Ordnung verschaltet ist.

[0008] Dieses Messsystem wird zur Ölgütemessung an einem Verbrennungsmotor eingesetzt, wobei von der Tatsache Gebrauch gemacht wird, dass Verunreinigungen (Verbrennungsrückstände, Wasser, Kraftstoff, Verschleißpartikel, etc.) den dielektrischen Verlustfaktor des Öls verändern. Diese Veränderungen werden mittels eines Impedanzspektroskops ermittelt.

[0009] Dieser Sensor detektiert zwar Eisenabrieb im Öl; jedoch führen Verbrennungsrückstände, Wassereintrag und Kraftstoff im Öl ebenfalls zu einer Veränderung, so dass die mangelnde Selektivität dieses Messsystems einen Einsatz in der Praxis ausschließt. Außerdem hängt das gelieferte Sensorsignal sowohl von der Temperatur als auch von der Sorte des Neuöls ab.

[0010] Ähnliches gilt auch für den Ölgütesensor, der in dem Artikel von George S. Saloka and Allen H. Meitzler, "A

Capacitive Oil Detoriation Sensor" SAE Technical Papers Series 910497, International Congress and Exposition Detroit, Michigan, February 25 - March 1, 1991, p. 137-145 vorgestellt wird. Es handelt sich dabei um einen kapazitiven Sensor, der inklusive Signalverarbeitungselektronik in den Anbaufansch eines Motorölfilters integriert wird. Eine Verschlechterung der Ölgüte bewirkt eine Erhöhung der Permittivität des Öls. Der integrierte Sensor wandelt diese Permittivitätsveränderung über einen RC-Oszillator in eine analoge Verschiebung der Oszillationsfrequenz um.

[0011] Auch in diesem Fall erscheint ein erfolgreicher Einsatz dieses Sensors fraglich; da auch er mit dem Nachteil behaftet ist, dass eine Reihe von Ölqualitätsbestimmenden Verunreinigungen fester und flüssiger Art aus einem einzigen Meßsignal identifiziert werden müssen.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, ausgehend von dem eingangs erwähnten Stand der Technik ein Verfahren zur Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose anzugeben, welches Eisenabrieb selektiv erfaßt und eine Online-Diagnose des Maschinen- bzw. Getriebezustandes ermöglicht. Desweiteren soll eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens angegeben werden.

[0013] Diese Aufgabe wird für ein Verfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 und für die Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 7 gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

[0014] Demnach wird vorgeschlagen, zur Maschinen- bzw. Getriebediagnose ein induktives Meßverfahren einzusetzen, wobei das Messsystem eine Primär- und eine Sekundärspule aufweist und in einen ölführenden Kanal eines Getriebes eingebaut wird.

[0015] Erfindungsgemäß sind die Primär- und die Sekundärspule des induktiven Messsystems an den sich gegenüberliegenden Seiten eines ölführenden Kanals oder einer ölführenden Rinne eines Getriebes eingebaut und um einen weichmagnetischen Kern gewickelt, derart, dass ein Transformator gebildet wird, dessen Eisenkreis zwischen den beiden Spulen und aufgetrennt ist, wobei die von der Primärspule in der Sekundärspule erzeugte Gegeninduktionsspannung ein Maß für die Konzentration der ferritischen Abriebpartikel im Getriebeöl ist.

[0016] Die Erfindung wird im folgenden anhand der beigefügten Figur näher erläutert, die eine schematische Darstellung des Aufbaus und der Funktionsweise des Messsystems gemäß der Erfindung zeigt.

[0017] In der Figur ist ein Längsschnitt durch ein Teilstück eines ölführenden Kanals 1 in einem Getriebe gezeigt. Der Ölstrom, der im Kanal fließt, ist mit ferromagnetischen Partikeln 2 (überwiegend Eisen) verunreinigt. Erfindungsgemäß ist auf einer Seite des ölführenden Kanals die Primärspule 3 des Messsystems angeordnet, die die Windungszahl N_1 aufweist und um einen weichmagnetischen Kern 4 gewickelt ist. Gegenüber der Primärspule ist die Sekundärspule 5 angeordnet, die ebenfalls um einen weichmagnetischen Kern gewickelt ist und die Windungszahl N_2 besitzt.

[0018] Durch diese Spulenanordnung wird ein Transformator gebildet, dessen Eisenkreis zwischen den beiden Spulen 3 und 5 aufgetrennt ist, wobei der Abstand der Polflächen bzw. die Spalthöhe konstant h_0 beträgt. Gemäß der Erfindung befindet sich das Messsystem in einem Gehäuse 6. Desweiteren sind Hohlräume zwischen den Spulenkernen und dem Gehäuse 6 mit einer Vergußmasse 7 gefüllt.

[0019] Hierbei kann der Kanalquerschnitt beliebig ausgeführt sein, da die Funktion des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch nicht beeinträchtigt wird. Es ist auch möglich,

die Spulen um 90° um ihre Hochachse gedreht in den ölführenden Kanal einzubauen, ohne die Funktionalität zu beeinträchtigen.

[0020] Die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens ist folgende: Die Primärspule 3 wird mit einer Wechselspannung U_1 versorgt, der ein Gleichanteil überlagert ist. Dieser Gleichanteil bewirkt, dass die Abriebpartikel überwiegend auf die Polflächen der Primärspule gezogen werden und dort verbleiben. In der Figur sind exemplarisch Trajektorien einzelner Abriebpartikel als gepunktete Linien schematisch dargestellt. Mit fortschreitender Betriebsdauer des Systems lagern sich weitere Abriebpartikel an den Polflächen ab, so dass sich eine ständig wachsende Partikelschicht mit der Höhe h ausbildet.

[0021] Der von der Primärspule 3 erzeugte magnetische Fluß Φ_1 breitet sich über den Spalt aus und durchflutet die Sekundärspule 5. Der magnetische Fluß Φ_{12} , den die Primärspule 3 sekundärseitig erzeugt, ist gegeben durch

$$\Phi_{12} = \Phi_1(1 - \sigma), \text{ mit } 1 \geq \sigma \geq 0.$$

[0022] Hierbei wird mit σ der Streukoeffizient bezeichnet. Dieser stellt eine integrale dimensionslose Größe dar und quantifiziert die Übertragungsverluste zwischen Primär- und Sekundärspule aufgrund der Auftrennung des Eisenkreises. [0023] Zwischen der Abriebmenge bzw. der Schichtdicke h und dem Streukoeffizienten σ besteht eine gegenläufige Abhängigkeit. Eine Erhöhung der Schichtdicke h und damit eine Verringerung der lichten Spalthöhe bewirkt eine Verringerung des Streukoeffizienten. Je kleiner der Streukoeffizient ist, desto fester wird die Kopplung zwischen Primär- und Sekundärspule und desto größer wird der magnetische Fluß, den die Primär- in der Sekundärspule hervorruft. Somit erhöht sich die Gegeninduktivität und damit die Gegeninduktionsspannung, die sekundärseitig gemessen wird. Dieser Zusammenhang lässt sich mathematisch wie folgt formulieren:

$$L_{12} = N_2[1 - \sigma(h)](d\Phi_1/di_1), \text{ mit } L_{12} = \text{Gegeninduktivität, } \Phi_1 = \text{der von der Primärspule 3 erzeugte magnetische Fluß und } i_1 = \text{Primärspulenstrom.}$$

[0024] Die Sekundärspannung bzw. die Meßspannung U_2 setzt sich aus dem ohmschen Spannungsabfall am Sekundärspulenwiderstand R_2 der Selbstinduktionsspannung $L_2(di_2/dt)$ und der Gegeninduktionsspannung $L_{12}(di_1/dt)$ zusammen:

$$U_2 = R_2 i_2 + L_2(di_2/dt) + L_{12}(di_1/dt)$$

[0025] Das erfindungsgemäße System ist derart konstruiert, dass der ohmsche Spannungsabfall am Sekundärspulenwiderstand R_2 und die Selbstinduktionsspannung im Vergleich zu der Gegeninduktionsspannung vernachlässigbar sind.

[0026] Daraus ergibt sich eine zur Dicke h der aus den ferromagnetischen Abriebpartikeln gebildeten Schicht proportionale Meßspannung U_2 .

[0027] Auf diese Weise ist die Beladung des Getriebeöls mit ferromagnetischem Abrieb quantifizierbar.

[0028] Im Rahmen einer weiteren Variante der vorliegenden Erfindung kann zur Temperaturkompensation des sekundärseitigen Meßsignals in Primär- und Sekundärspule jeweils ein Temperatursensor integriert werden, der die jeweilige Spulentemperatur erfaßt.

[0029] Durch die Höhe des Gleichanteils der Primärspannung U_1 kann der Partikelfangwirkungsgrad in weiten Bereichen eingestellt werden.

[0030] Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass seine Funktionsweise vom Transportfluid unab-

hängig ist. Außerdem kann, da das Verfahren unabhängig vom Kanalquerschnitt ist, das Messsystem so eingebaut werden, dass möglichst wenig Bauraum dafür beansprucht wird. Zudem ist das Verfahren weitgehend unabhängig von der Reynoldszahl und von Lufteinschlüssen im Transportfluid, beispielsweise im Getriebeöl.

[0031] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass keine Signalverstärkung erforderlich ist, um das gemessene Spannungssignal auszuwerten.

Bezugszeichen

- 1 ölführender Kanal
- 2 ferromagnetische Partikel
- 3 Primärspule
- 4 weichmagnetischer Kern
- 5 Sekundärspule
- 6 Gehäuse
- 7 Vergußmasse

Patentansprüche

1. Verfahren zur Maschinendiagnose und insbesondere zur Getriebediagnose mittels der Analyse des Maschinen- bzw. Getriebeöls und insbesondere zur Detektierung von ferritischem Abrieb (2), **dadurch gekennzeichnet**, dass ein induktives Messsystem verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als induktives Messsystem eine Primär- und einer Sekundärspule (3, 5) verwendet werden, die an den sich gegenüberliegenden Seiten eines ölführenden Kanals (1) eines Getriebes eingebaut sind und jeweils um einen weichmagnetischen Kern (4) gewickelt sind, derart, dass ein Transformator gebildet wird, dessen Eisenkreis zwischen den beiden Spulen (3) und (5) aufgetrennt ist, wobei die von der Primärspule (3) in der Sekundärspule (5) erzeugte Gegeninduktionsspannung U_2 ein Maß für die Konzentration der ferritischen Abriebpartikel (2) im Getriebeöl ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Primärspule (3) mit einer Wechselspannung U_1 versorgt wird, der ein Gleichanteil überlagert ist, sodass die Abriebpartikel überwiegend auf die Polflächen der Primärspule (3) gezogen werden und dort verbleiben, derart, dass sich auf den Polflächen der Primärspule (3) eine ständig wachsende Partikelschicht mit der Dicke h ausbildet, wobei eine Erhöhung der Schichtdicke h eine Erhöhung des in der Sekundärspule vorhandenen magnetischen Flusses und somit der Gegeninduktionsspannung U_2 bewirkt, die an der Sekundärspule (5) als Maß für die Konzentration der ferritischen Abriebpartikel (2) im Getriebeöl gemessen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der ohmsche Spannungsabfall am Sekundärspulenwiderstand R_2 und die Selbstinduktionsspannung der Sekundärspule im Vergleich zu der Gegeninduktionsspannung vernachlässigbar sind, so dass die gemessene Spannung U_2 proportional zur Dicke h der aus den ferromagnetischen Abriebpartikeln (2) gebildeten Schicht ist.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Höhe des Gleichanteils der Spannung an der Primärspule (3) der Partikelfangwirkungsgrad in weiten Bereichen eingestellt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Temperatur-

kompensation der gemessenen Spannung U_2 in die Primär- und Sekundärspule (3, 5) Temperatursensoren integriert werden, die die jeweilige Spulentemperatur erfassen.

7. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Primär- und eine Sekundärspule aufweist (3, 5), die an den jeweils sich gegenüberliegenden Seiten eines ölführenden Kanals (1) eines Getriebes angeordnet und jeweils um einen weichmagnetischen Kern (4) gewickelt sind, derart, dass ein Transformator gebildet wird, dessen Eisenkreis zwischen den beiden Spulen (3) und (5) aufgetrennt ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass sie in einem Gehäuse (6) angeordnet ist und dass Hohlräume zwischen den Spulenkernen und dem Gehäuse (6) mit einer Vergußmasse (7) gefüllt sind.

9. Einrichtung nach Anspruch 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Spannungsabfall am Sekundärspulenwiderstand R_2 und die Selbstinduktionsspannung der Sekundärspule (5) im Vergleich zu der von der Primärspule (3) erzeugten Gegeninduktionsspannung vernachlässigbar sind.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in die Primär- und Sekundärspule (3, 5) Temperatursensoren integriert sind, die die jeweilige Spulentemperatur erfassen.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

